M. Smoluchowski

Atomistyka współczesna

(atomistyka)

Chcąc dać obraz atomistyki współczesnej trzebaby przedstawić niemal całą fizykę i chemię a po części i mineralogię. W tak krótkim referacie muszę się zatem ograniczyć na skreśleniu kilku głównych ~~myśli~~ przewodnich, które równocześnie posłużyć mogą do uporządkowania tego olbrzymiego materyału, a tylko pobieżnie mogę poruszać kwestye specyalne, jakkolwiek ciekawe i ważne.

Atomistykę podzielić można przedewszystkiem na atomistykę materyi i atomistykę elektryczności czyli „elektronikę".

Możebyć że z czasem zniknie ten podział. Wszak wiadomo że obecnie panuje dążność wytłomaczenia własności charakterystycznej dla materyi, tj. bezwładności, jako objawu sił elektrycznych. ~~Na podstawie~~ Doświadczenia Kauffmanna, Bucherera i Hupki (nad odchyleniem promieni ~~katodowych~~ i β) dowiodły że ~~[illegible]~~ przynajmniej znaczna część masy materyalnej ~~ujemnych~~ elektronów jest tylko natury elektrycznej. Wierzymy że ~~cała~~ wszelka masa owych elektronów jest pozorna — choć to jeszcze nie jest udowodnionem — i co więcej ~~[illegible]~~ uważamy to dalszy za prawdopodobne że tak samo ~~[illegible]~~ wszelka masa, nietylko pojedyńczych ujemnych elektronów ~~ale~~ tak samo ~~[illegible]~~ masa całych atomów jest tylko pozorna, jest wytworem sił elektrycznych. Ale sądzimy tak raczej z powodu ~~[illegible]~~ skłonności wszystkich (naszego do monizmu, nie z powodu przyczyn konkretnych) ~~do sprowadzenia~~ sądzimy tak dla tego że ~~z powodu~~ ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ obraz świata fizycznego upraszcza się nadzwyczajnie ~~przez przyjęcie~~ jeżeli nie potrzeba przyjmować dwóch odrębnych substancyi masy i elektryczności, tylko ~~[illegible]~~ wszystko ostatecznie sprowadzić się (wszystkie zjawiska materyalnych i elektrycznych) daje na jedną substancyę zasadniczą: elektryczność (do zjawisk natury elektrycznej). Co prawda że i tak jeszcze daleko do monizmu, (bo obecnie ciągle jeszcze przedewszystkiem ~~przyjmujemy~~ przyjmować musimy dwa zasadniczo różne rodzaje elektryczności: ujemny i dodatni. Ujemne elektrony dobrze znamy ale wiele mniej wiemy o cząstkach dodatnich. Nie umiano jeszcze skonstatować obecności cząstek dodatnich bez połączenia z masami atomowemi, tak że więcej jeszcze powiedzieć można: najmniejsza cząstka dodatnio elektryczna jest to atom ~~[illegible]~~ któremu odebrano jeden ujemny elektron.

(pojęcie materyi zatrzyma swoją wartość i swój obręb zastosowania tak samo jak pojęcie światła nie ~~[illegible]~~ [illegible] mimo teoryi elektromagnetycznej)

Ale pomijając obecnie te spekulacye w każdym razie metody badań w obu działach są tak różne że podział na atomistykę materyi i atomistykę elektryczności ~~możebyć~~ pozostanie usprawiedliwionym.

Oprócz tego istnieje od kilku lat jeszcze trzeci dział, który dotąd jeszcze nie daje się powiązać z resztą fizyki tj. atomistyka energii — ale tego nie będę tykać gdyż kol. Natanson nam później da sprawę o stanie dzisiejszym tej kwestyi.

W każdym z tych dwóch działów, w atomistyce materyalnej i w elektronowej, zjawisk rozróżnić można zjawiska dowodzące słuszności pojęć atomistycznych w sposób jakościowy i ilościowy. ~~Pi~~ Pierwszego rodzaju zjawiska są to takie, których ~~[illegible]~~ zrozumienie wymaga przyjęcia struktury, ziarnistości materyi ~~lub~~ elektryczności z oddzielnych [jednakowych] cząstek, ale bez względu na wymiary i liczby tych cząstek, tak że odwrotnie też takie zjawiska nie dają klucza do wnioskowania o wymiarach lub liczbie cząstek składowych, ~~Ta~~ podczas gdy zjawiska drugiego rodzaju zależne są od [liczby] ~~wymiarów~~ cząstek.

1). Do pierwszej klasy należą przedewszystkiem zmiany stanów skupienia, które stanowiły historycznie pierwszy argument uzasadniony za przyjęciem hypotezy atomistycznej. Że ta sama chemicznie substancya może się znajdować w trzech różnych stanach skupienia (nawet w tych samych warunkach [temperatury i ciśnienia]) trudno inaczej sobie wytłomaczyć jak przyjęciem że jej składowe cząsteczki są niezmienne, tylko w tych trzech wypadkach [znajdują się w] ~~[illegible]~~ odmiennych warunkach ruchu i układu.

Nawiasem wspominając wypada nam zreformować dawniej tradycyjne rozróżnienie stanów: gazowego, ciekłego i stałego. Między gazowym a ciekłym stanem istnieją przejścia ciągłe (ponad punktu krytycznego), niema różnicy zasadniczej, ~~tak samo ciała stałe bezpostaciowe różnią się tylko~~ a dalej ciąg tych przejść ciekłych, stopniowych są to ciała amorficzne, bezpostaciowe, [a zatem ciekłe [illegible]] są to poprostu ciecze o wielkiem tarciu wewnętrznem, [[illegible]] zarazem ciecze podchłodzone. Natomiast zasadniczo różny jest stan krystaliczny — o regularnym uporządkowaniu układu drobin.

Właściwie wypada zatem rozróżnić [2 stany skupienia:] (stan gazowo-ciekły oraz stan krystaliczny albo właściwie tyle [ile bywa modyfikacyj (odmian) bezpostaciowej ([illegible]) i] stanów krystalicznych ile modyfikacyj krystalicznych dana substancya potrafi wytworzyć.

2) ~~Bezpośrednio~~ [Naj]dosadniejszy [pewny] argument za atomistyką niż ~~stany skupienia~~ tworzą zjawiska chemiczne, mianowicie [zasadnicze] prawo chemii: prawo ~~stałych~~ wielokrotnych stosunków, dzięki któremu też Dalton ~~[illegible]~~ [stał się] ~~za~~ właściwym twórcą nowoczesnej atomistyki. ~~[illegible]~~ Czasem [słyszy się] ~~[illegible]~~ że prawo to jest dowodem [dostatecznym] struktury atomistycznej materyi. To oczywiście nie jest słusznem, wszak Ostwald potrafił napisać podręcznik chemii bez przyjęcia atomów, więc nie może być mowy o dowodzie, o konieczności logicznej. Zdaje mi się że wogóle [ścisłe] „dowody" istnieją tylko w matematyce i logice, a w naukach przyrodniczych zawsze tylko można mówić o prawdopodobieństwie jakiegoś twierdzenia, o użyteczności jakiejś teoryi — choć czasem to prawdopodobieństwo może być tak duże że w praktyce wolno nam [przedrzeczenie] (mówić o pewności i konieczności. [Tak samo Ostwald ~~jeszcze~~ do roku 1908 nie uważał prawa wielokrotnych stosunków za dowód dostateczny atomistyki i Mach do dziś dnia takie samo opozycyjne zajmuje stanowisko. Każde [zjawisko fizyczne] ~~[illegible]~~ zupełnie wytłomaczyć można w atomistyce

wiele odmiennych sposobów, tak też byłoby z prawem wielokrotnych stosunków. ~~Tylko~~ Ale nikt chyba nie wątpi że wytłumaczenie przez przyjęcie struktury atomistycznej materyi jest możliwie najprostszym. ~~Tego~~ Temu też Mach nie zaprzecza — tylko powiada: ja wogóle nie pragnę żadnego wytłumaczenia, konstatuję tylko istnienie tego prawa fenomenologicznego, a nie próbuję nawet budować żadnej hipotezy w celu jego tłumaczenia — bo to uważam za nienaukowe.

[Mach dzisiaj ze swoim zdaniem jest zupełnie odosobniony (Kierunek skrajnej fenomenologii zbankrutował) / Nikt inny dzisiaj nie zaprzecza olbrzymiej doniosłości teoryi; hipotez naukowych, a specyalnie co się tyczy atomistyki ~~tylko~~ zarzuty przeciwko niej podnoszone prawie zupełnie się wyjaśniły i bylibyśmy świadkami takich tryumfów tej teoryi że ~~powszechnie dzisiaj~~ ~~ją uważają za~~ uważać ją trzeba chyba za najsilniej ugruntowaną najpewniejszą teoryę fizyki i chemii.]

Z prawem wielokrotnych stosunków łączą się i inne prawa chemiczne które również umacniają założenia teoryi o budowie atomistycznej materyi jak prawidło co do liczby możliwych izomerów w połączeniach chemicznych, cały zakres zjawisk objętych stereochemią. Kto wobec tych zjawisk odrzuca ~~to~~ tłumaczenie atomistyczne i ogranicza się na konstatowaniu faktów przyjemniej popełnia takie samo „sacrificium intellectus" jak ten kto odrzuca teoryę ewolucyi świata organicznego.

3). W rzędzie owych zjawisk pierwszej grupy oczywiście ~~w~~ pierwsze miejsce należy się zasadniczemu prawu krystallografii: prawu wymiernych wskaźników. Prawo to,[2] którego wyprowadził ~~wywody~~ owe teorye siatek przestrzennych, regularnych systemów zbiorowisk punktów; ~~to~~ (Bravais, Sohncke, Schönflies i inni) które dziś umożliwia ~~stanowią~~ byłoby niepojęte i niezrozumiałe gdyby kryształy nie składały się z drobnych jednakowych i regularnie ~~jednakowo~~ ustawionych cząsteczek uszeregowanych stojących (cząstek składowych. Cząstki składowe zwykle mówi się w krystallografii drobin (Krystallmoleküle) ale zdaje mi się że tu trzeba być ostrożnym z użyciem tego słowa nie przenosząc błędnych pojęć.

Pojęcie drobiny ~~jest~~ jest ściśle określone dla stanu gazowo-ciekłego, gdyż tutaj drobiny posiadają żywot niezależny (wyjątki: dysoc. elektrolit. etc.), ale tylko w obrębie ~~tych zjawisk~~ dla tego stanu mamy metody określenia ciężaru drobinowego. W stanie stałym — a więc krystalicznym ~~W stanie krystalicznym~~ nie potrafimy określić ciężaru drobinowego, metody krioskopiczne ~~[illegible]~~ itd. dla mieszanin, rozczynów określają tylko wielkości tyczące się dla ~~stanu~~ cieczy ale nie dla ciała stałego.

Zdaje się że ~~Wygląda kwestya~~ w tym stanie drobiny nie ~~[illegible]~~ są całkiem odrębne; wzajemnie wnikają jednostkami ~~[illegible]~~ i że układ krystallograficzny wytycza wyłącznie na podstawie nietylko przyczyn chemicznych (...)
~~to wogóle jeszcze kwestya nie całkiem wyjaśniona, a to uważać za definicyę drobiny.~~

Czy zatem pojęcie drobiny może być przeniesione na ~~ciało~~ stan stały krystaliczny, jak w tym stanie określić to pojęcie, jak oznaczyć ciężar drobinowy, czy n.p. odmiana [illegible] Per. i Pe pochodzą od odmiennego układu drobin, czy od odmiany: ~~jakie różnice zależnie od rodzaju drobin, a jakie od~~ (lub układu krystallograficznego — to są fundamentalne kwestye, na które jeszcze nie potrafimy dać odpowiedzi wyczerpującej, gdyż wogóle wiadomości nasze o dziedzinie (fizyki i chemii) ciał stałych krystalicznych są jeszcze bardzo niedostateczne.

Mówiliśmy dotychczas o (pokrewnych dowodach) atomistyki materyalnej. Uważając tę sprawę za załatwioną przechodzimy od razu do atomistyki elektrycznej za pomocą praw elektrolizy. Już Helmholtz 1881 ~~[illegible]~~ wniósł myśl że elektryczność może posiada strukturę atomistyczną, (ponieważ w elektrolizie każdy jednowartościowy (transportuje jednakowy ładunek), dwuwartościowy dwukrotny, trójwartościowy trzykrotny). Dziwić trzeba się ~~[illegible]~~ chyba że wcześniej o tem nie pomyślano. (Odnośnie ... chemicy ...)

Wszak jest to poprostu znowu prawo wielokrotnych stosunków Daltona – tylko rozszerzone ~~z [illegible]~~ w nieco odmiennej formie na elektryczność; i o tyle jeszcze prostsze że liczba n określająca wielokrotność stosunku w jakim elektryczność (elektrony) się wiąże z materyą (atomami) może być tylko 1, 2, 3, 4. Większej wartościowości nie napotykamy w elektrochemii.

Podkreślam jeszcze raz wspólną cechę tych dotychczas omawianych „dowodów" atomistyki i elektroniki; zjawisk: że stanowią one jakościowe ale (same przez się) nie dają żadnych wskazówek co do wielkości atomów. ~~Najlepszy dowód~~ Pokazuje się to w tem przedewszystkiem, że w obrębie całej klasycznej chemii nie występuje nigdzie (pojęcie) bezwzględnego ciężaru atomowego, tylko zawsze ~~[illegible]~~ (ciężary atomowe) względne n.p. względem (w porównaniu z) wodoru czy tlenu. Zatem nic nie przeszkadzałoby nam przyjąć atomy dowolnie małe, ponieważ zaś nieskończenie małe, tak że substancye zachowywałyby się najzupełniej jak ~~[illegible]~~ substancye jednorodne, ciągłe, – i byłoby to już tylko problemem sporu dla filozofów, czy (przyjmować jedną) taką quasi ciągłą substancyę, składającą się z nieskończenie małych atomów w nieskończenie małych odstępach, ~~[illegible]~~ głosimy teoryę ciągłości czy teoryę atomistyczną.

Ale całkiem odmiennie się przedstawia ta sprawa w świetle dowodów innego rodzaju: tj. ilościowych, dających wskazówki wyraźne co do liczby i rozmiarów drobin, atomów, elektronów. Jako historycznie pierwsze wymienić tu wypada przedewszystkiem pewne zjawiska nie odnoszące się (w obec których termodynamika jest bezsilna, podczas gdy) ~~[illegible]~~ teorya kinetyczna je w nadzwyczajnie prosty sposób ~~[illegible]~~, ale przyczem na każdym kroku stosowność podstawowych jej pojęć się ~~[illegible]~~ (okazuje). Mam tu na myśli zjawiska lepkości, przewodnictwa cieplnego i dyfuzyi gazów, które ~~[illegible]~~ przez Clausiusa i Maxwella ~~[illegible]~~ zostały włączone do zakresu teoryi kinetycznej gazów (są polem popisów).

Wiadomo że ten cały szereg zjawisk ~~[illegible]~~ został przepowiedziany przez teoryę kinetyczną a następnie dopiero doświadczalnie stwierdzony, jak przybliżona wielkość spółczynników przewodnictwa cieplnego i dyfuzyi, (oblicz.

niezależność spółczynników lepkości i przewodnictwa cieplnego od ciśnienia gazu, wzrost spółczynnika dyfuzyi proporcyonalnie do ~~ciśnienia~~ rozrzedzenia gazu, ~~[illegible]~~ Nadzwyczajnie ciekawe są owe specyalne zjawiska które występują (na ~~[illegible]~~ powierzchniach ciał stałych, ~~[illegible]~~ przy rozrzedzeniu gazów ~~[illegible]~~ w sensie ...) mianowicie ślizganie się gazu przy ruchu mechanicznym i skok temperatury przy ~~[illegible]~~ przewodnictwie ciepła. ~~A [illegible]~~

~~[illegible]~~ Przy wielkich rozrzedzeniach wreszcie gaz zachowuje się w sposób zupełnie odmienny niż w zwykłych warunkach: na miejsce prawa Poiseuille określającego transpiracyę, przepływ gazu przez wąskę

przychodzi prawo zbliżone do Bunsena prawa o effuzyi gazu, tak że (dyfuzyi/wiązce) gazów przechodzących ~~jest~~ odwrotnie (nie zależy ocale od długości [illegible]) proporcyonalna do ich gęstości, dalej że w mieszaninie gazów każdy składnik przesuwa się ze swoją średnią prędkością, całkiem niezależnie od innych. Ilość ciepła przewodzonego przez warstwę takiego gazu nie zależy wcale od grubości warstwy a jest proporcyonalna do (jego) ciśnienia ~~[illegible]~~. Najdziwniejszem jednak to że w naczyniu którego części różną posiadają temperaturę ciśnienia przez gaz wywierane na ściany są nierówne, że w miejscach cieplejszych są większe w stosunku pierwiastka z temperatury bezwzględnej niż w miejscach chłodniejszych. (Wiemy obecnie że) Na tych zjawiskach dopiero w ostatnich latach bliżej studyowanych polega ~~[illegible]~~ (znany) radiometr Crookesa, a ~~[illegible]~~ (wkładamy) doskonalszą formę ~~[illegible]~~ takich przyrządów (niedawno dopiero) wyprowadził Knudsen jako tzw. manometr bezwzględny celem mierzenia ~~[illegible]~~ pojedyńczych bardzo rozrzedzonych gazów.

Wszystkie te zjawiska wynikają jako proste naturalne konsekwencye z ~~[illegible]~~ podstawowych pojęć teoryi kinetycznej ~~Teoryja kinetyczna w [illegible] dojście postępy i sad~~ a w podobny sposób ~~[illegible]~~ (znów) ~~[illegible]~~ (mechanizm) nieodwracalnych zjawisk elektrycznych tłomaczy się na podstawie elektroniki. Chodzi tu (podrozumiem) o przewodzenie elektryczności. Od czasów ~~[illegible]~~ (Hittorfa) Arrheniusa i Kohlrauscha rozumiemy mechanizm przewodzenia elektrolitów a badania (szeregu) nowszych (badaczy) Thomsona i jego uczniów wyjaśniły w ogólnych zarysach owe zawiłe zjawiska przewodzenia elektryczności w gazach, które od czasów Faradaya uchodziły za jedną z najciekawszych zagadek fizyki. ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ Wspomnę jeszcze o teoryi przewodnictwa metalicznego, o wytłomaczeniu znacznego prawa Wiedemanna-Franza – ~~jeśli~~ wreszcie przypomnę (teoretyczne) badania (nowsze) nad dyspersyą i absorpcyą światła w gazach, ~~[illegible]~~ nad optycznemi własnościami metali ~~[illegible]~~ wszędzie okazuje się już płodność ~~[illegible]~~ (teoryi) elektronowej, a dalsza eksploatacya myśli przez nią wniesionych (przyniesie) ~~[illegible]~~ niewątpliwie jeszcze wyjaśnienie niejednej zagadki.

Jest to rzeczą charakterystyczną że te zjawiska nieodwracalne ~~związane są~~ (są ściśle związane) (zależą od liczby) drobin, ~~[illegible]~~ atomów, elektronów. Na tej podstawie Loschmidt pierwszy zdołał określić rząd wielkości tej liczby ze zjawisk dyfuzyi, tak samo też można określić rozmiary jonów ~~[illegible]~~ z przewodnictwa elektrycznego, a liczbę elektronów dyspersyjnych ze zjawisk dyspersyi światła.

Przejdźmy obecnie do zjawisk odwracalnych, czyli co na to samo wychodzi: do stanów równowagi termodynamicznej. (Na tem polu kinetyka teoryi znacznych postępów w ostatnich latach. Poznano bowiem że) Zjawiska te objawiają się odmiennie jeśli się nań zapatrujemy ze stanowiska makroskopijnego, a odmiennie z punktu widzenia (nań) mikroskopijnego. Przebieg makroskopijnych zjawisk ~~[illegible]~~ odwracalnych jest zgodny z drugą zasadą termodynamiki – i (stąd [illegible]) ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ zjawiska te dadzą się zatem wytłomaczyć równie dobrze sposobem kinetyczno atomistycznym jako powołaniem się na zasady termodynamiki; ~~a~~ nie dają one nam żadnego sposobu (określenia) oznaczenia struktury materyi, liczby drobin, itd. Przeciwnie pewne (nas obchodzą) zjawiska, które dla krótkości określam wspólną nazwą „mikroskopijne". One sprzeciwiają się przyjętym zapatrywaniom termodynamicznym i ich obecność jest dowodem ~~[illegible]~~ atomistycznej drobinowej struktury i z nich wnosić można o liczbie drobin. Należą do tego podrozumiem ruchy Browna i opalescencya gazów i cieczy.

Wspomniałem o tych zjawiskach już na Zjeździe we Lwowie przed 4 laty, ale ponieważ ~~tegoż przedmiot ten~~ od tamtego od tego czasu olbrzymie uczyniono postępy a przedmiot ten wiąże się z zasadniczem zagadnieniem statystyki czy też teorji kinetycznej, więc kilka słów jeszcze pozwolę sobie dorzucić.

Pod zasadniczem zagadnieniem teorji kinetycznej rozumiem (zdolny) pogodzenie atomistyczno-kinetycznego poglądu na materję ze stanowiskiem termodynamicznem, czy też rozstrzygnięcie między niemi. Od dawna dawna wiedziano, że tu istnieje pewna sprzeczność, wynikająca z samych ogólnych podstaw tych teorji, gdyż według teorji kinetycznej możliweby byłyby także takie zjawiska, które są sprzeczne z drugą zasadą termodynamiki. Już ów słynny demon Maxwella był dowodem dowodził że z punktu widzenia kinetyki drugiej zasada termodynamiki dałaby się obalić, możnaby energję mechaniczną wytwarzać kosztem ciepła pobieranego z zimnego otoczenia z energji cieplnej bez spadku temperatury, gdyby ~~[illegible]~~ można ~~potrafił~~ działać dowolnie na indywidualne drobiny — albo np. gdyby można skonstruować klapę, wentyl jednostronny i tak czuły żeby się pod naciskiem jednej czy kilku drobin otwierał. Druga zasada byłaby zatem tylko słuszna z punktu widzenia ludzkiej niezręczności, niedoskonałości naszych środków technicznych.

Co więcej, teorja kinetyczna wszystkie zjawiska tłomaczy mechanicznie przy przyjęciu sił konserwatywnych, a prawa mechaniki przy sprowadzają się ostatecznie do zasady Newtona: $m\frac{d^2x}{dt^2} = X$, w której występuje różniczka czasu dt tylko w kwadracie to znaczy że równie dobrze można przyjąć $\pm dt$, czyli że każdy ruch konserwatywny może się ~~także~~ odbywać ~~[illegible]~~ nie tylko w miarę czasu postępującego ale też równie dobrze ubiegającego. Zatem wszystkie zjawiska mechaniczne mogą też przebiegać w kierunku przeciwnym ~~równie możliwy byłby w każdej chwili także układ przeciwny drobin, w którym one by posiadały prędkości równe przeciwne do tych które w danej chwili istnieją — a układ~~ to znaczy tak jakgdyby czas się cofał wstecz. To znaczy że entropja nie dążyłaby do maximum tylko do minimum, druga zasada termodynamiki byłaby odwrócona.

Zarzut ten, który istotnie dużo pierwszorzędnych uczonych odstraszał od teorji kinetycznej, został do pewnego stopnia wyjaśniony przez Boltzmanna ~~[illegible]~~ twierdzeniem, że owe zjawiska wsteczne, niezgodne z zasadą entropii, wprawdzie są możliwe ale w praktyce są nadzwyczajnie nieprawdopodobne także i ich nie dostrzegamy. Tak samo n.p. jeśli nasypiemy ~~wsypiemy do~~ do pudełka warstwę maku czarnego a na niej równą warstwę maku białego i będziemy tem pudełkiem energicznie potrząsać, to ~~się~~ wkrótce czarne i białe się z czasem pomieszają. Możliwem byłoby teoretycznie także wykonanie takich ruchów które by ziarna czarne od białych napowrót oddzieliły, ale w praktyce ~~[illegible]~~ zawsze tylko obserwować będziemy postępujące mieszanie, aż w końcu wszędzie w każdej części równie dużo będzie czarnych i białych ziarnek. ~~[illegible]~~

Ten przykład ilustruje poniekąd zjawisko znane nam jako dyfuzja gazów, tlenu i azotu, początkowo rozdzielonych. Dyfuzja taka następuje samodzielnie; termodynamika dowodzi, że przy tem entropja wzrasta (w związku z tem paradox Gibbsa). Przeciwne zdarzenie, ~~[illegible]~~ automatyczne rozdzielenie powietrza na tlen i azot, według ~~[illegible]~~ termodynamiki jest wykluczone. Według teorji kinetycznej jest ono możliwe, ale nadzwyczajnie nieprawdopodobne; ~~[illegible]~~ Łatwo n.p.

sposobem Boltzmanna udowodnić, że równomierne rozmieszczenie tlenu i azotu w jednym centymetrze kubicznym jest mniej więcej 10^{19} razy prawdopodobniejsze niż zupełne ich rozdzielenie, nie zatem dziwnego że obserwujemy w praktyce tylko pierwszy wypadek.

Tłomaczenie Boltzmanna niewątpliwie jest słuszne, ale jeszcze sprawy nie wyczerpuje. W omówionym właśnie wypadku system drobin gazowych dążyć będzie do stanu najprawdopodobniejszego, do maximum entropii, ale łatwo wymyślić inne rodzaje systemów mechanicznych, gdzie tak nie będzie. Wyobraźmy sobie np. szereg jednakowych, ciał w jednakowych odstępach punktów materyalnych nawleczonych na nitkę kauczukową. Jeśli udzielimy cząstkom (pewnych prędkości to powstanie ruch peryodycznie się powtarzający i systemat nie będzie dążyć do stanu wyróżnianego, najprawdopodobniejszego, w którym każdy ciałko by posiadało przeciętnie (jednakową energię klastyczną. Takie wypadki są rzadkie tylko osobliwymi (wyjątkami, liczba ich zapewne w porównaniu z normalnymi wypadkami, zgodnemi z zasadą wzrastania entropii, będzie tak mała jak mnogość liczb wymiernych w stosunku do mnogości liczb niewymiernych. Ale zawsze chodzi o bliższe określenie warunków charakteryzujących systemy normalne, w przeciwieństwie do systemów wyjątkowych.

Boltzmann jako klastyczną (miarę entropii uważa słynną funkcyę H albo właściwie ujemną jej wartość, przyczem określa ją jako $H = k \sum f \log f$, gdzie f oznacza prawdopodobieństwo danych wartości spółrzędnych, która znaczy logarytm prawdopodobieństwa danego układu, a summa odnosi się do wszystkich spółrzędnych systemu. W poprzednio omawianych przykładach łatwo możemy się porozumieć co do znaczenia pojęcia prawdopodobieństwa, ale jak to ogólnie określić? Jak wogóle może być mowa o prawdopodobieństwie — a zatem o przypadku, to także pojęcia konieczności ze sobą związane — wobec zjawisk wynikłych z danych warunków początkowych pod działaniem określonych praw mechaniki?

Ściślejsze ujęcie tych rozważań i naświetlenie wspomnianych tu niejasności jest zadaniem mechaniki statystycznej, zajmującej się badaniem praw, którym podlegają statystyczne mnogości systemów mechanicznych. Oprócz ostatniego dzieła Gibbsa poświęconego temu przedmiotowi wymienić trzeba tu właściwie prace Einsteina i Jeansa, Hertza, Silbersteina, wreszcie świeżo ogłoszoną pracę polaka Pana Jana Krofa w której znajdujemy pewne kryterya pozwalające nam w pewnych wypadkach rozstrzygnąć czy system jest normalny to znaczy czy dąży do stanu wyróżnionego wyróżnianego, czy też nie. Do całkowitego wyjaśnienia wszelkich z tem związanych zagadnień jeszcze nam daleko, ale przecież wydaje się to pewnem że procesy systemy mechaniczne takie jakie przyjmuje teorya atomistyczno klastyczna muszą się (w ogólnych wypadkach, makroskopijnie widziane) zachowywać zgodnie z zasadą termodynamiki.

Pod tym względem zatem zarzuty przeciwko klastyce podnoszone nie są słuszne.

Całkiem odmiennie przedstawia się jednak ta sprawa, gdy śledzimy zjawiska takie sposobem mikroskopijnym. Druga zasada jest wynikiem prawdopodobieństwa, to znaczy prawa wielkich liczb, ponieważ jednak liczba drobin [nie] jest nieskończenie wielka, więc wciąż muszą istnieć pewne [zmienne] zboczenia [i to tem większe im mniejsza liczba drobin uwzględnionych] przypadkowe od normalnego, przeciętnego stanu rzeczy. Dostrzegalne będą te zboczenia tylko o ile możemy śledzić niezbyt liczne gromady drobin — stąd nazwa „mikroskopijne".

Ciekawy przykład tego rodzaju jest od dawna znany: nierówności temperatury na mocy Maxwella prawa o rozdziale prędkości — tylko to nie nadaje się do kontroli doświadczalnej, bo nie mamy sposobu bezpośredniego mierzenia temperatur drobnych cząstek.

Do obserwacyi nadają się jednak nierównomierności ciśnienia, (wywołane ruchami które powodują, [jako np. ruchy]) oraz nierównomierności gęstości lub koncentracyi. Pierwsze z nich mogą być [stają się widoczne] Browna, a drugie zjawiskiem Tyndalla opalescencyi ośrodka lub, jeżeli chodzi o zawieszony cząstek ultramikroskopijnych, wprost liczeniem cząstek zawartych w danej przestrzeni (Svedberg).

O ruchach Browna już tyle [pisano i] mówiono w ostatnich latach, że chyba nie potrzebuję tu jeszcze tych rzeczy powtarzać. A o zjawiskach opalescencyi występujących przy zboczeniach [wyjaśnię] w punkcie krytycznym, już przed 4 laty [w Wilnie] mówiłem. Dodam obecnie tylko że teorya moja została podjęta przez Einsteina i [że została] uzupełniona dokładniejszem [ilościowem] obliczeniem [współczynnika] zdolności absorbującej i rozpraszającej takiego ośrodka, który

Swoją drogą obliczenie Einsteina (o ile się odnosi) do niebieskiej barwy nieba, także jeszcze nie jest dokładne, gdyż Einstein uwzględnia wyłącznie optyczny wpływ wszech przypadkowych zgęszczeń i rozrzedzeń, ale zresztą ośrodek uważa jako ciągły, jednorodny, więc pomija wpływ nierówności optycznych [w poszczególnych] samych drobin. Lord Rayleigh natomiast przeciwnie wziął pod rachubę wyłącznie ten drugi wynik, bez pierwszego, [co] dziwnym sposobem [prowadzi do tego samego wyniku], który obecnie Einstein wyprowadził. W rzeczywistości zaś oba wyniki muszą współdziałać, więc wynik musi być większy niż [to] oba wzory podają.

Zwrócę tylko jeszcze uwagę na najprzejrzystsze prawo matematyczne które rządzi tymi przypadkowemi zmianami. Jeżeli gramy [taką] w grę hazardową [że przy] każdej [próbie] równie prawdopodobnie możemy zyskać jednostkę jak stracić jednostkę, to prawdopodobieństwo zyskania albo też stracenia x jednostek w ciągu n prób wynosi: $\frac{n!}{\frac{n-x}{2}!\,\frac{n+x}{2}!}\,\frac{1}{2^n}$, z czego łatwo się oblicza że przeciętny zysk albo strata przy n próbach wynosi $\sqrt{n}$ [dokładniej $\sqrt{2n/\pi}$], jeżeli n jest liczbą wielką.

Podobnie drobina [w gazie lub cieczy] [poruszająca się] równie dobrze może się poruszać na prawo jak na lewo, a w razie danego kierunku porusza się tylko przez pewną krótką przeciętną czas, aż zderzenia z innemi drobinami zmienią jej kierunek. [Kierunkowe] Przemieszczenia dodatnie i ujemne są zatem równie prawdopodobne, zatem widać że [z upływem czasu] przemieszczenie [całkowite osiągnięte] po upływie czasu t [także] musi być proporcjonalne do $\sqrt{t}$!

Wykonanie szczegółowego obliczenia daje wzór określający ruchy Browna (dla cząstek zawieszonych w cieczy): $\Delta = \sqrt{\frac{R\theta}{N}\frac{1}{3\pi\eta a}t}$

Tak samo, rozważając ~~dwa sąsiadujące ze sobą~~ (elementy ~~[illegible]~~) przestrzeni ~~o jednakowej wielkości~~, napełnionej gazem idealnym (rozdzielonej na dwie połowy). Dla każdej drobiny pobyt w jednem ~~[illegible]~~ (i w drugiej połowie) jest równie prawdopodobny jak pobyt ~~w drugiem~~, jeśli w którymś ~~[illegible]~~ znajduje się N drobin, to nie rozdzielą się one dokładnie na równe części, [a] ~~[illegible]~~ tylko prawdopodobnie liczba N w jednej części będzie o $\sqrt{N}$ większa niż w drugiej. Procentowe zgęszczenie lub zrzedzenie jest zatem proporcjonalne do $\frac{1}{\sqrt{N}}$, oczywiście zatem ~~mniejsze niż~~ nierówności te tem silniej występują, czem mniejsza liczba drobin, ~~[illegible]~~ i mamy tu bezpośredni sposób oznaczenia tej liczby z tego rodzaju obserwacyi.

Podobne zjawiska muszą też występować w dziedzinie elektryczności; ~~[illegible]~~ dotychczas tylko w jednym wypadku dały się one stwierdzić, który należy do zjawisk nieodwracalnych, tj. w wahaniach liczby cząstek β i α wyrzucanych przez ciała promieniotwórcze (badania Schweidlera, Rutherforda i Geigera.) Tu zatem z ~~[illegible]~~ (wielką) precyzyą stwierdzić dała się zgodność wzoru zupełnie analogicznego do [illegible] wyprowadzonego.

Po omówieniu 1) jakościowych dowodów atomistyki oraz 2) zjawisk ilościowych dla wyznaczenia liczby drobin czy atomów przechodzimy wreszcie do trzeciej kategoryi zjawisk, do dowodów najoczywistszych tj. liczenia (i obserwacyi) pojedynczych atomów. ~~To udało się dotychczas tylko dla atomów elektrycznych i jest to~~

Jeśli chodzi o obserwacye (pojedynczych) drobin materyalnych, to do tej kategoryi zaliczyć możemy także one ruchy Browna, gdzie owe cząstki zawieszone (występują) zupełnie w roli (olbrzymich) drobin — ale jeśli nam chodzi o atomy, to takiemi zdobyczami dotychczas poszczycić się może tylko atomistyka elektryczności.

~~[illegible]~~ Dużego rozgłosu nabyły owe słynne (już wspomniane) doświadczenia Rutherforda i Geigera oraz Regenera w których liczono cząstki α i oznaczano nabój ich, ale tu chodziło o atomy ~~[illegible]~~ dodatnio elektryczne poruszające się z ogromną szybkością i wskutek tego ~~[illegible]~~ (wywołujące) specyalnych zjawiska. Jeszcze ~~się~~ ciekawsze są jednak owe doświadczenia Millikana (prof. [illegible]) ~~[illegible]~~ stanowiące ostateczne (wydoskonalenie) ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ (owej) metody przed (10?) laty wymyślonej przez Thomsona i dalej opracowywanej przez H. A. Wilsona, Ehrenhafta i innych, w których mierzono naboje rzędu 10^{-10} jednostek elektrostat. (znajdujące się na mikroskopijnie drobnych kropelkach (dodatnio lub ujemnie) oliwy w powietrzu się unoszących. Ruch (takiej kropelki) ~~tych kropelek~~ daje się śledzić całemi godzinami, opadanie jej pod wpływem ciężkości, wznoszenie się wskutek nagłego (zastosowania) odpowiednich (pola) sił elektrycznych daje sposób określenia jej (naboju) (przy pomocy prawa Stokesa) z zadziwiającą dokładnością. I pokazało się że ~~[illegible]~~ owe naboje są wprawdzie różnie wielkie, ale zawsze są dokładnie wielokrotnościami liczby $4{\cdot}891 \cdot 10^{-10}$... którą zatem jako ów atom elektryczny uważać możemy.

[illegible] . 5·000[illegible] . $\frac{1}{2}$

[illegible] 20

[illegible] 10

0·95 − 4 . [illegible] . 10^{20} . [illegible]6886 : [illegible] : 0·5

= 4

$\frac{1}{2}$ [illegible]

[illegible]168

Zastanówmy się obecnie jak z punktu widzenia tych wszystkich w ostatnich latach dokonanych badań się przedstawia kwestya liczby i rozmiarów atomów. W literaturze naukowej znajduje się kilkadziesiąt różnych (takowanych sposobów) ~~metod~~ określenia rozmiarów drobinowych gdyż tak w fizyce nazywają prawie każdy rachunek z którego wynika coś rzędu wielkości 10^{-8} cm. Ale jeśli szukamy ~~porządnych metod~~ racyonalnych ścisłych metod — to ostatnio się z nich bardzo niewiele. Dopóki chodziło tylko o rząd wielkości, można było się oprzeć na tradycyjnej metodzie kinetycznej teoryi gazów, pochodzącej od Loschmidta, polegającej na obliczeniu drogi swobodnej $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi n \sigma^2}$ ze zjawisk dyfuzyi, albo lepkości lub przewodnictwa cieplnego i skombinowaniu jej z objętością drobin $\frac{4}{3}\pi n \sigma^3$. Dziś to nam nie wystarcza, bo liczbowy wynik (rachunku) zależeć musi od nieznanego nam prawa sił międzydrobinowych, które w owych zjawiskach wchodzi w rachunek. Także druga dana, rzeczywista objętość drobin nie da się dokładnie oznaczyć, po pierwsze bo prawo Van der Waalsa którego tu używano nie jest dokładnie ważne, a przedewszystkiem bo drobiny wogóle nie posiadają rzeczywistej objętości. Powszechny pogląd jakoby drobiny były ~~[illegible]~~ ziarnami [?] o niezmiennej wielkości, jest ~~[illegible]~~ zupełnie sprzeczny z dzisiejszym stanem nauki, i utrzymuje się tylko jeszcze dlatego że ~~[illegible]~~ ułatwia nam wyobrażenie dzięki temu że często widzimy jak się gra w bilard.

~~[illegible]~~ Ten więc dziś pominąć trzeba metody oznaczania ~~ciężaru~~ liczby drobin przy pomocy spółczynnika załamania optycznego albo stałej dielektryczności, gdyż hypoteza Clausiusa-Mossottiego (służąca im, jako podstawa) (strukturze dielektryków) dzisiaj już tylko ~~jako~~ z historycznego punktu widzenia nas interesuje, jako zabytek nazwanych przedelektronowych czasów. Tak zatem wszystkie liczby podane np. w OE Meyera Gastheorie są bezpodstawne i wcale nie potrzebujemy się zastanawiać nad tem, czemu jeden sposób obliczenia daje 8 razy ~~tak daje~~ większe wartości niż drugi.

~~Zatrzymać się~~ Dzisiaj mamy tylko dwie drogi do oznaczenia tych wielkości: jedną opartą na ruchach Browna i pokrewnych zjawiskach, drugą na wspomnianych poprzednio sposobach (bezpośredniego) określenia naboju elektronowego. Możnaby jeszcze pomyśleć o metodzie opartej na zjawiskach opalescencyi gazów, na absorpcyi światła słonecznego w atmosferze, ~~ale metoda ta~~ która (niedawno mi) zastosowaną została po raz pierwszy przez Rayleigha a teraz znów mi[?] przez — Bauer i Moulin (Natanson?) ale ~~ona~~ metoda ta podlega znacznym trudnościom doświadczalnym, a co ważniejsze także zarzutom teoretycznym, tak że nie może ona jak dotąd konkurować z poprzednio wspomnianemi sposobami.

~~Otóż liczba najpewniejsza~~ Według pomiarów wykonanych przez Perrina wspólnie z p. Dąbrowskim i Chaudesaigues nad ruchami Browna wynikłaby $70{\cdot}5 . 10^{22}$ / $3{\cdot}17 . 10^{19}$ jako liczba drobin zawartych w 1 cm³ gazu w normalnym stanie. Zdaje się że określenie naboju elektronowego przy pomocy promieni α większym podlega błędom doświadczalnym, natomiast oznaczenie jego metodą kropelek opadających przez Millikana ~~zdaje się~~ ~~jest~~ zasługuje z pewnością dzisiaj na największe zaufanie. Łącząc ~~tą~~ jego wynik ze znanym (elektrolitycznym) (równoważnikiem) promieniowym[?] otrzymujemy zamiast poprzednio podanej liczby wartość: 2·67

(Która z tych dwóch liczb więcej się zbliża do rzeczywistości [illegible], pewnego rodzaju. Dopóki jednak te pomiary nie zostaną powtórzone przez większą liczbę niezależnych badaczy.)

Metoda Millikana jest bezpośredniejsza i wynik jej jest średnią wartością wielkiej liczby oznaczeń bardzo mało się różniących między sobą, ale nie wiadomo, co zarzucić owym pierwszym oznaczeniom,

(dlatego może zasługuje na większe zaufanie)

(opartym na metodzie Perrina i równowagi [illegible] zawiesin) chyba może zbyt wielką koncentrację używanych zawiesin (gdyż według badań Svedberga większa koncentracja ta wywiera ujemny wpływ).

(część najciekawsza ale jeszcze najmniej dojrzała teorji atomistycznej:)

Pozostaje nam do omówienia synteza spekulacyj atomistycznych i elektronowych: badania nad strukturą wewnętrzną atomów. Że w ogóle o tych problemach dzisiaj na serjo naukowo można dyskutować, to jest nadzwyczajnie dowodny postęp ostatnich kilkunastu lat. Wyników pewnych, ściśle uzasadnionych do dziś dnia jednak podać nie można, gdyż spekulacje różnych badaczy zależnie od punktu wyjścia całkiem odmienną przybierają postać i próby połączenia ich dotychczas pozytywnego rezultatu nie wydały.

Pewna jest jedna rzecz: że atomy muszą się składać z większej liczby oddzielnych elektronów ujemnych i równoważącego ich naboju dodatniego, ale liczba ich i sposób połączenia z ową zagadkową elektrycznością dodatnią są nieznane.

Najlepiej znaną i w szczegółach opracowaną jest teorja Thomsona, oparta na rozważaniach co do stałości równowagi wewnętrznej struktury atomowej i co do związku z periodycznym systemem atomicznym, według której atomy byłyby złożone z dodatniego naboju elektrycznego, wypełniającego z jednostajną gęstością przestrzeń kulistą, oraz z elektronów ujemnych, ustawionych w jej wnętrzu w warstwach koncentrycznych.

Dawniej sądzono, że tysiące elektronów muszą się składać na jeden atom, tym czasem nowsze badania Crowthera nad rozproszeniem promieni β przez materję wraz z teoretycznemi obliczeniami Thomsona wykazały, że liczba ich równa się tylko mniej więcej ośmiokrotnemu ciężarowi atomowemu (względem wodoru), zaś z niedawno ogłoszonych teoretycznych rozważań Wilsona wynikałaby liczba jeszcze mniejsza, równa potrójnemu ciężarowi atomowemu. W takim razie budowa masy materji musiałaby zawdzięczać przedewszystkiem elektryczności dodatniej; to jest temu co dotychczas jest najbardziej zagadkowem, i na co zapewne dopiero dalsze wydoskonalenie badań nad promieniami kanałowemi, w ostatnich czasach tak świetnie poprowadzonych przez Thomsona może rzucić pewne światło.

Thomson (pokazał że jego teorya mogłaby) wytłomaczyć niektóre [?] budowy atomowej (w pewnych wypadkach wytworzonej oraz) z wyrzucaniem cząstek β, ale (wielkie) trudności sprawia wyjaśnienie czemu w innych razach rozkład atomu połączony jest z wyrzucaniem cząstek α.

Te zasadnicze wyniki teoryi promieniotwórczości są tworzą punkt wyjścia teoryi Starka o budowie atomu z „archionów". Ówcześnie znów Rutherford w świeżo ogłoszonej pracy, oparty na zjawiskach absorpcyi promieni α i β wyłuszcza teoryę że atomy złożone z silnego nabója centralnego (ujemnego lub dodatniego) i dokoła niego (w przestrzeni kulistej) równomiernie rozmieszczonego nabója przeciwnego.

Nowe trudności podnoszą się jeśli chcemy wytłomaczyć zjawiska absorpcyi i dyspersyi światła. Z góry [illegible] wszystkie elektrony podległe każde w drganiach elektromagnetycznych i zdawało się później że liczba elektronów odpowiadających na drgania elektromagnetyczne jest pewną niewielką wielokrotnością ciężaru [?] atomowego.

Nowsze badania jednak wykazały że w niektórych wypadkach stosunkowa liczba elektronów dyspersyjnych jest bez porównania mniejsza niż liczba atomów, tak że na tysiąc albo dziesięć tysięcy atomów przypada tylko jeden elektron dyspersyjny.

Uzgodnić to wszystko czyni składowe w jeden całkowity obraz struktury atomu.

Która z różnych dróg wzmiankowanych tu wykazanych się okaże najwłaściwszą, jako wiodąca do syntezy tego dalszej orzekać nie możemy. Ale to nam dziś warto powiedzieć w tych usiłowaniach że przynajmniej widzimy jasno przed sobą drogi które muszą wiodą do postępu w te— , a niemniej tymi zdaniami badania nad wyrzucaniem promieni α i β oraz badania promieni charakterystycznych zdają się obiecującemi:

XIX

Wenn wir es versuchen ein Bild des Entwicklungsganges der Atomistik zu entwerfen, so begegnen wir ~~uns~~ schon von allem Anfang an einer grossen Schwierigkeit: Was sollen wir
Wo beginnt aber sie — wer war der Schöpfer
als Beginn dieser Evolution ansehen, wen sollen wir als Schöpfer der atomistischen Theorie verehren? Dem Herkommen gemäss hätten wir den altgriechischen Philosophen diese Ehre zu erweisen, insbesondere dem Leukippos, von welchem der Name Atom stammt, und dem Demokritos aus Abdera (ca. 400 v. Ch.), welchen unsere Lehrbücher ~~als~~ für den eigentlichen Urheber der Atomistik ausgeben.

Kenner der altindischen Litteratur belehren uns jedoch, dass schon ein altindischer Philosoph Kanada ein philosophisches System Vaiseshika ~~erfunden~~ erdacht habe, demzufolge Alles, ~~x~~ Erde, Wasser, Feuer, ja sogar Rauch, Zeit, Vernunft aus Atomen (genannt anu) zusammengesetzt sein sollte; ~~als~~ vielleicht war das System der griechischen Philosophen somit nur ein Wiederhall jener indischen Lehren. Wer weiss aber, ob es nicht noch Vorläufer jener Weisen gegeben hat, ~~von denen~~ deren Namen vollständig verschollen sind?

Doch fragen wir: Handelt es sich denn bei alledem um Atomistik im Sinne einer wissenschaftlichen Theorie? ~~Der~~ Der Heutige Naturforscher ~~schöpft~~ ~~wir heute~~ ~~würden~~ würde wenig Nutzen aus einem dem Studium der griechischen Atomistik ~~schöpfen~~. ~~Heute schafft die~~ Heute schafft man In den exacten Wissenschaften werden heute Theorien und Hypothesen zu dem Zwecke geschaffen, um die experimentell festgestellten erforschten ergründeten Naturgesetze zu erklären, das heisst um ~~ihre~~ deren verwickelte Formen und Wechselbeziehungen unserem Geiste verständlich zu machen. Verstande näher zu bringen. Jene ? Weisen nahmen sich jedoch gar nicht die Mühe einer exacten experimentellen Naturforschung. (bei ihrem Hange zum Speculieren) ~~Gelehrsamkeit~~ Sonderbar berührt uns heute z.B. der Mangel an Beobachtungssinn de

Heute wundern wir uns wie wenig Beobachtungssinn selbst bei z.B. ein Aristoteles besass gehabt und sehen mit Staunen dass — vielleicht mit Ausnahme der Astronomie die factische Naturkenntniss jener Zeiten nicht über das Bereich der

naiven, so häufig irreführenden Erfahrungen des täglichen Lebens hinausging. Da sie also das zu Erklärende nicht kannten, konnten sie auch keine wissenschaftlichen Theorien schaffen, so wie man nicht Krieg führen kann solange man nicht weiss gegen welchen Feind es gehen soll.

Die heutige Physik sieht auf jene griechische Atomistik mit Geringschätzung herab, da sie dieselbe als zwecklose phantastische Speculationen ansieht, die sich auf keine Beweise stützen und auch nichts bewiesen und somit überhaupt wenig höher stehen als die theosophischen Systeme (der Inder und Perser) oder die mythologischen Fabeln der germanischen Völker. Sie sind ja für Philosophen und Geschichtsforscher Historiker gewiss von Interesse, sie mögen das Entstehen und die Verbreitung atomistischer Ideen psychologisch begreiflich machen, aber es sind das keine wissenschaftlichen Theorien, denn man kann diese Bezeichnung phantastischen ohne faktische Begründung vorgebrachten Behauptungen nicht mit diesem Namen belegen.

Auch die folgenden zwanzig Jahrhunderte brachten in dieser Beziehung wenig Fortschritte und selbst in den Schriften von Gassendi, Boyle, Daniel Bernoulli findet man kaum Spuren einer vom heutigen Standpunkt als rationell anzuerkennenden Begründung der Atomistik.

Aus dem Stadium der phantastischen Speculation ist die Atomistik in das Stadium der einer exacten wissenschaftlichen Theorie eigentlich erst im XIX Jahrh. übergetreten, als Dalton 1805 die einfachen zahlenmässigen Gesetzmässigkeit welche von ihm beim Entstehen chemischer Verbindungen bemerkt wurden das von ihm erkannte stöchiometrische Grundgesetz durch auf die Verbindung (unveränderlicher Atome zu Gruppen, Molekülen, gebildet) vereinigt verbunden, welche seit Berzelius 1820 durch die bekannten Molekularformeln bezeichnet werden — und als Avogadro 1811 aus den chemischen Prozessen bei darauf zurückführte dass sich in Gasen stattfindenden chemischen Umwandlungen schloss, dass diese Moleküle in allen Gasen (bei Gleichheit von gleichem Druck und Temp.) in gleicher Anzahl (pro Volumeinheit) vorhanden sind || und damit eine neue Richtschnur einfache Bestimmung des relativen Vergleichung der Molekulargewichte ermöglichte. Diese Anzahl, damals ganz rätselhaft, können wir heute mit ziemlicher übrigens Sicherheit Bestimmtheit angeben und zwar zu 3.10^{19} pro cm^3.

Aus der Chemie in die Physik über verpflanzt hat sich entwickelt nun (die atomistische Theorie erst voll entwickelt als sich die Anschauung Bahn brach, dass die Wärme auf der Bewegung jener Moleküle und Atome beruhe und als man von diesem Gesichtspunkt aus das Grundprinzip der modernen Physik, das Prinzip der Erhaltung der Energie, zu verstehen lernte.

Seitdem sind die atomistischen Vorstellungen untrennbar mit der Annahme einer fortwährenden Bewegung der Elementarteilchen verbunden, die Atomistik ist in der Physik zur kinetischen Theorie geworden.

Es ist ja bekannt dass Clausius Maxwell und a. von solchen Annahmen ausgehend nicht nur die empirisch erkannten Eigenschaften der Gase zu erklären vermochten, erklärten indem dass sie die mathematischen Gesetze ableiteten welche die Erscheinungen der Temperaturleitung, Wärmeausdehnung Wärmeleitung, Zähigkeit, Diffusion usw. regieren, sondern dass sie auf Grund theoretischer Berechnung eine ganze Reihe von Erscheinungen vorausgesehen wurden, welche erst hinterher experimentell constatiert wurden. Solche Triumphe der kinetischen Theorie waren unter Anderen die Bestätigung der Tatsache dass die Zähigkeit der Gase gar nicht von deren Dichte abhängt sowie die Bestimmung der spez. Wärme des Quecksilberdampfes, als des ersten damals bekannten einatomigen Gases.

So schien 80 Jahre nach Dalton die atomistisch-kinetische Theorie geradezu unerschütterlich begründet zu sein als geradezu einzige auf einfache Weise

ja sie trat sogar in eine neue Entwicklungsphase indem sie die Eigenschaften der Flüssigkeiten in ähnlicher Weise wie früher jene der Gase zu erklären versuchte, als sich gegen sie eine mächtige Reaktion erhob.

Betrachten wir näher den Ursprung der gegen dieselbe gerichteten Bewegung. Sie wurzelte zum Teile in allgemeinen philosophischen Anschauungen, teilweise konkreten wissenschaftlichen Überlegungen. Vor Allem muss man offenbar zugestehen dass eine Hypothese dadurch allein noch nicht bewiesen wird, dass sie eine Reihe von Tatsachen erklärt, denn daraus folgt noch nicht dass keine andere Erklärungsweise möglich ist. Mach u. O. erklärten sich prinzipiell gegen die Einführung von unbeweisbaren Hypothesen, wie die von der Existenz der Atome, in die Physik.

Die Atome kann man nicht sehen, noch weniger ihre Bewegungen beobachten. Wahre Wissenschaft muss exact und strenge verfahren, aus ihr müssen alle zweifelhaften, metaphysischen, anthropomorphischen Elemente entfernt werden. Weg mit allen Hypothesen!

Mach nennt die Atomistik eine naive, kindliche und zum Mindesten überflüssige Hypothese

Ostwald kämpft gegen jeden Versuch eines Bildes

Ostwald kämpft gegen jeden Versuch die Naturvorgänge durch Schaffung von Bildern in

verkündet als Ideal die Schaffung einer hypothesenfreien Wissenschaft

Er hat (es) tatsächlich zuwege gebracht in seinem kurzen Lehrb. d. C. ? ~~..~~ einen Abriss dieser Wissenschaft ohne Benützung der Begriffe der Atome und Moleküle zu geben. Allerdings gleicht ~~macht~~ dieses Werk dem Eindruck einer sehr gekünstelten Conversation, in der ~~welcher~~ absichtlich gewisse als shocking angesehenen Worte vermieden werden, welche die ganze Discussion ungemein vereinfachen und erleichtern würden wenn man sie anwenden ~~gebrauchen~~ dürfte.

~~Aber was noch wichtiger ist,~~ Überdies ~~Ausserdem~~ aber übersieht ~~übersteht~~ Ostwald ~~...~~ ~~...~~ bei ängstlicher Vermeidung aller auf die Hypothesen ~~Atomistik~~ beruhenden Begriffe vollkommen zu übersehen wie viel Hypothetisches er selbst einführt wenn er alles physikalische und chemische Geschehen ~~...~~ auf ~~gewisse~~ verschiedenartige superponierbare Energiearten zurückführt und denselben ~~denen~~ er eine objektive Existenz zuschreibt. Das ist ~~...~~ zugleich die beste *Antwort* auf jene Einwände. (zeigt zugleich die schwache Seite jener)

Kann man ~~...~~ im täglichen Leben oder in der Wissenschaft ohne Hypothesen auskommen? Eine Hypothese ist es, dass ~~es~~ morgen ~~...~~ einen Sonnenaufgang geben wird und ebenso: dass wir einstmals ~~...~~ sterben werden. Ebenso in der Wissenschaft: ~~...~~ Keinen Schritt können wir machen ohne uns auf Hypothesen zu stützen. Theorien und Hypothesen, selbst solche an deren objektive Wahrheit wir aus irgend welchen Gründen nicht glauben, ~~sind~~ bedeuten aber einen grossen Fortschritt wenn sie unserem Denkvermögen ~~...~~ das Verständnis der Naturerscheinungen erleichtern und wenn sie uns auf die Entdeckung neuer Tatsachen führen — wie eben die Atomistik.

Andererseits wurden ~~...~~ damals von Neuem gewisse Einwände laut (welche seit Langem von philosophischer Seite (...) erhoben worden waren: Beruht die atomistische Theorie nicht eigentlich auf einer Zirkelerklärung? Die Trägheit der Materie wird ja auf die Trägheit der Atome zurückgeführt, die elastischen ~~Elastizität~~ von elastischen Körpern ausgeübten Kräfte werden durch Zusammenstösse elastischer Atome erklärt, überhaupt wie Lord Kelvin einst mit einer gewissen Übertreibung bemerkte: kann die Atomistik keine Eigenschaft der Materie erklären mit welcher sie nicht vorher schon die Atomen beklebt ~~begabt~~ hat. Ist das somit nicht eine Zirkelerklärung?

Dieser Einwand mag ~~...~~ vielleicht gegenüber den Spekulationen der griechischen Philosophen gerechtfertigt gewesen sein aber nicht gegenüber der modernen Atomistik — denn ihr Zweck ist ja nicht die Erklärung des *Wesens* der Masse, Kraft usw. sondern die Erklärung der speziellen mathematischen *Formen* der Naturgesetze. Dass nämlich die Elastizität der Gase

gerade dem Boyle-Charles'schen oder V.d.W. Gesetze folgt und nicht einem anderen ebensogut denkbaren Formel usw. Ebenso ist auch dem Maler die chemische Zusammensetzung seiner Farben ganz gleichgiltig, sofern dieselben nur Gestalt und Farbe des Dargestellten wiedergeben.

Jene Einwände beruhen somit eigentlich nur auf einem Missverständnis betreffs des Zwecks und der Bedeutung physikalischer Theorien. Weitaus gewichtiger / ernster / bedenklicher ist dagegen ein von Seite der mathematischen Physik erhobener Einwand, ~~welcher~~ gegen die Grundbegriffe der Atomistik gerichteter, welcher wenn er berechtigt wäre diese ganze Theorie umstossen müsste.

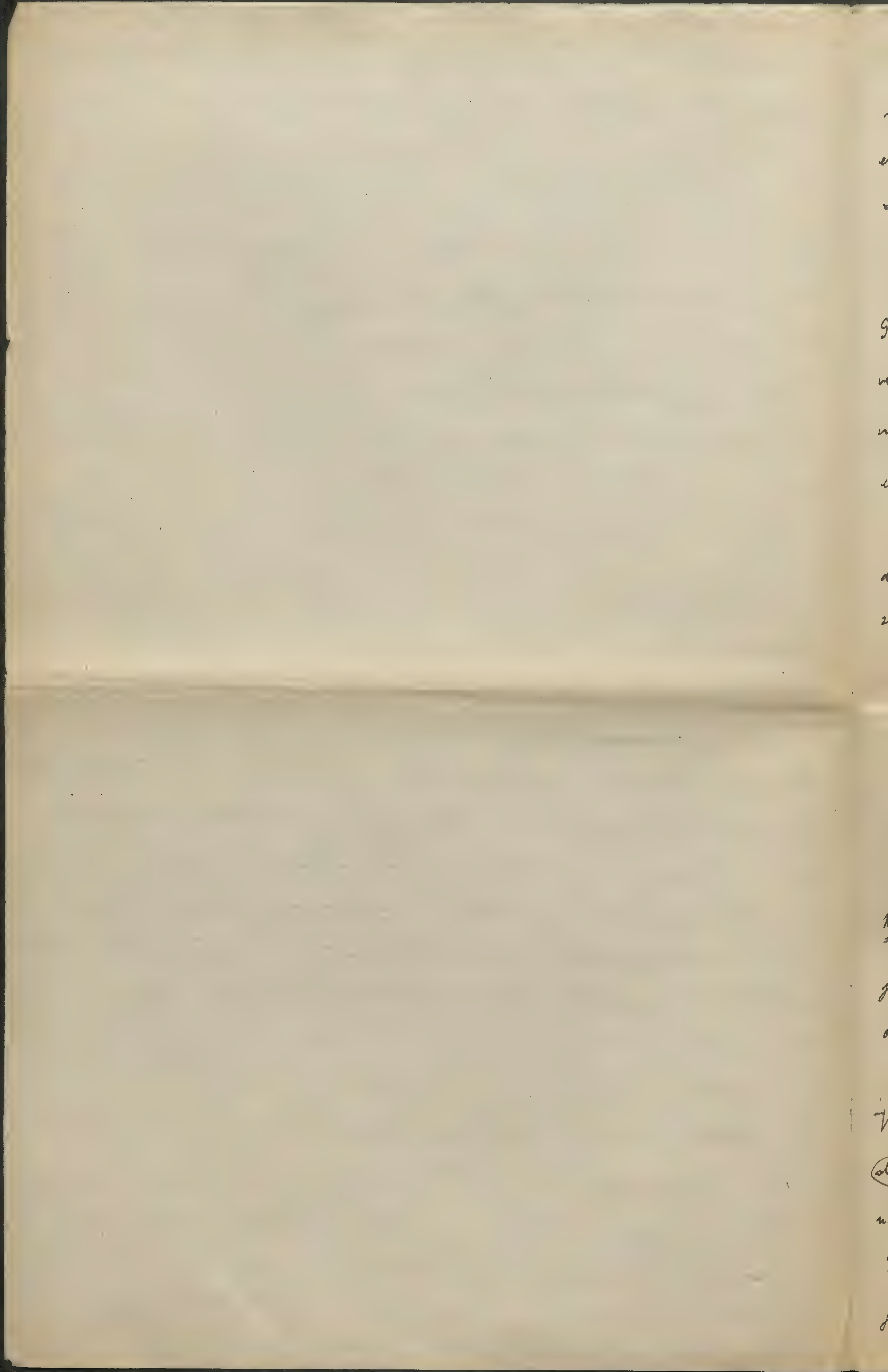
~~Es handelt sich darum~~: Wenn wir nämlich alle speciellen Fragen betreffs der Eigenschaften der Atome bei Seite lassen, finden wir eine allen modernen wie auch immer construierten atomistischen Theorien gemeinsame Idee von grundsätzlicher Bedeutung: dass die Naturgesetze als Resultate ~~der mit~~ des Schicksals der einzelnen Atomen aufgefasst werden, also als Ausdruck / Ausfluss einer grossen Anzahl individueller Ereignisse, von denen die im Einzelnen ein jedes von zufälligen Umständen abhängt, die aber in ihrer Gesammtheit gewisse Gesetzmässigkeiten aufweisen.

~~Die bisher [illegible]~~ Es wird also dieselbe Methode angewandt wie in den soziologischen Wissenschaften: die auf Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen fussende statistische Methode.

Aber wenn dies richtig ist, wenn wirklich die Eigenschaften der materiellen Körper ~~aus~~ ein Ausdruck ~~des~~ des Gesetzes der grossen Zahlen sind, so müssen doch ausser den gewöhnlichen, wahrscheinlichen Erscheinungen hie und wieder auch aussergewöhnliche, sogar ganz unwahrscheinliche auftreten, ebenso wie es Fälle eines vorkommt dass jemand der Sterblichkeitstafeln zum Trotz ein ungewöhnliches Alter erreicht oder dass ein Spieler von ungewöhnlichem Glück begünstigt wird.

Wo ~~sind~~ gibt es also in der Physik solche Erscheinungen welche das Walten des blinden Zufalls ~~[illegible]~~ demonstrieren, ~~welche wo sind~~ solche Abweichungen vom normalen Verhalten der Körper.

Nehmen wir ein spezielles Beispiel: Wir sagen, dass die Wärme auf den unregelmässigen zufälligen Bewegungen der Moleküle beruht. Wenn das richtig ist, wenn sie zufällig sind, so kann der Zufall es auch bewirken, dass alle Moleküle des Körpers ihre Bewegung / Geschwindigkeit nach derselben Richtung / Seite richten annehmen, dass somit jener Körper sich infolge der inneren Wärmebewegung selbständig von der Stelle bewegt.



~~[illegible]~~ Ist je derartiges vorgekommen? Das wäre ja ein krasser Widerspruch mit dem als unbedingten Erfahrungssatz geltenden zweiten Hauptsatze der Thermodynamik, demzufolge ~~welcher~~ eine selbsttätige uncompensirte Umwandlung von Wärme in Arbeit ~~ausschliesst~~ ausgeschlossen ist. Wenn solche Erscheinungen möglich wären ~~Sonst~~ könnte man ja ein perpetuum mobile construiren welches fortwährend Arbeit liefern würde auf Kosten der von Umgebung aufgenommenen Wärme.

Ebenso, falls ~~wenn~~ ~~der Ort~~ die Lage eines Moleküls ~~in einem~~ des ein Gefäss erfüllenden Gases nur vom Zufall abhängt, ~~kann dann~~ könnte es doch wäre es möglich geschehen dass jenes Gas sich von selbst in einen Teil des Gefässes zurückzieht und den Rest leer lässt. Oder wenn es sich um ein Gemisch zweier Gase, sagen wir ~~wie~~ Stickstoff und Sauerstoff handelt, könnte es geschehen dass es sich von selbst in seine Bestandteile spaltet.

Derartige ~~Diese~~ Einwände, und damit zusammenhängende mathem. Überlegungen welche einen inneren ~~welche sich~~ ~~in mathematischer Form als~~ Widerspruch der mechanischen Erklärungsweise mit ~~der~~ der Irreversibilität der Naturvorgänge zu beweisen schienen, bildeten eine ernste Schwierigkeit für die kinetische Theorie.

Boltzmann der grosse Vorkämpfer für jene Theorie, wollte bewies zwar mathematisch beweisen, dass ~~jene~~ solche Abweichungen vom ~~des~~ normalen Verlaufe der Naturerscheinungen ~~zwar faktisch vorkommen aber~~ in Anbetracht der kolossalen Anzahl der Atome in der Regel Praxis nicht wahrnehmbar sein werden, obwohl sie faktisch vorkommen müssten, doch schien dieser Ausweg den Gegnern wenig überzeugend.

In seinem (Lehrbuche der kin. Gastheorie in den Jahren 1895— herausgegeben) klagt ~~sagt~~ Boltzmann dass die kin. Gastheorie „aus der Mode gekommen sei" und gibt als Zweck jenes Buches an: dasjenige vor der Vergessenheit zu retten was schon bekannt ist, damit es nicht ein zweites Mal von Neuem entdeckt werden müsse!

Wie haben sich die Ansichten im Laufe des folgenden Jahrzehntes geändert! Vor Allem hat sich nämlich gezeigt dass jene Erscheinungen die man damals als unmöglich, als der Thermodynamik widersprechend somit ansah, tatsächlich experimentell nachweisbar sind. Dabei handelt es sich jedoch nicht um etwas vollständig Neues ~~Erscheinungen~~, sondern um längst entdeckte bekannte Dinge welche jedoch bisher unverständlich geblieben waren und welche man erst jetzt von jenem Gesichtspunkte aus verstehen begreifen lernte.

Schon im Jahre 1827 machte der englische Botaniker Brown die Bemerkung dass ein jedes hinreichend kleine Teilchen einer beliebigen Substanz, sobald es in einer Flüssigkeit schwebt, kleine unregelmässige Bewegungen (bei starker mikroskopischer Vergrösserung sichtbare) ausführt, und er selbst nannte dies schon damals Molekularbewegung — allerdings ohne nähere Motivierung dieses Ausdrucks zu motivieren.

Der Name blieb erhalten, obwohl die dadurch ausgedrückte Anschauung später aus verschiedenen Gründen verworfen wurde; überhaupt machte man keinerlei genauere Messungen dieser Erscheinung unternommen, trotzdem dass sie seitdem von einem jeden Naturforscher unzählige male beim Mikroskopieren bemerkt wurde und trotzdem Bodaszewski im J. 1882 auf ähnliche Bewegungen hinwies welche von Rauchteilchen in Luft ausgeführt werden.

In dicken vielbändigen physikalischen Sammelwerken Encyklop.. und Handbüchern — findet man soweit sie vor d. J. 1906 erschienen sind — kein Wort über die Existenz der B. B.; man musste damals förmliche bibliographische Forschungen unternehmen, wenn man sich über dieselbe aus der wissenschaftl. Litteratur unterrichten wollte: die offizielle Wissenschaft hatte sie vergessen.

Erst damals lenkten in der theoretische Physiker die allgemeine Aufmerksamkeit auf die wo sie verschollen Brown'sche Bewegung indem sie mit Hilfe mathematischer Analyse bewiesen, dass Alles was man von derselben wusste, die Grösse der Verschiebungen, ihre Abhängigkeit von der Grösse der sich bewegenden Teilchen, sowie von der Art des umgebenden Mittels, mit den Folgerungen übereinstimmten die sich aus der atomistisch kinetischen Theorie ableiten liessen.

Seitdem haben neuere präcise Experimentalarbeiten einer Reihe von Forschern diese Übereinstimmung ganz unzweifelhaft erwiesen. Sogar Ostwald welcher bis dahin einen erbitterten Kampf ge.. ein so erbitterter Gegner der Atomistik wie Ostwald erklärte sich selbst im Jahre 1908 zu derselben bekehrt, und zwar durch die Brown'sche Bewegung sowie gewisse Entdeckungen, von denen vorläufig die Rede sein wird. „ ... " Erst jetzt da Da nun der Führer der energetischen und antiatomist. Schule mit bewunderungswürdiger Selbstverleugnung die Berechtigung der Anschauung anerkannte, welche er viele Jahrzehnte hindurch leidenschaftlich bekämpft hatte, verstummte die Opposition gegen die Theorie welche wir heute besprechen.

Die Forschungen über die Brown'sche B. haben tatsächlich Consequenzen von immer grosser Tragweite gezeitigt. Der ungeahnte Widerspruch zwischen der Atomistik und Thermodynamik

hat seine Aufklärung gefunden aber derart dass die erstere den Sieg davon trug, dagegen letztere als eine grob nur angenähert giltige Regel erkannt wurde. Die Brown'sche B. ist ja ein solches perp. mobile, im kleinen Maasstab, dessen Existenz früher als sicher galt.

In der Praxis hätte allerdings wenig Aussicht auf Erfolg ~~die Erzeugung~~ in unbeschr. Energie ~~auf Kosten~~ die Wärme der Umgebung mit Hilfe der Brown'schen Erscheinung mit unseren jetzigen technischen Hilfsmitteln ~~erzeugen~~ umwandeln zu wollen.

Aber wenn die Verwirklichung eines Planes nur von der Vervollkommnung der technischen Hilfsmittel abhängt, so ~~ist~~ braucht man die ~~schwer die~~ Hoffnung einer erfolgreichen Verwirklichung nicht aufzugeben, dass es in Zukunft gelingen wird. Es handelt sich ja hier bloss um die Construktion eines Apparates welcher die Schwankungen des Zufalls so vorzüglich ausnützen würde, wie das z. B. die ~~Zahlen~~ Lotterie tut, welche jährlich dem Staate viele Millionen Einkünfte Einnahmen einbringt. Ich muss gestehen ~~sonst~~ dass ich persönlich die Herstellung eines perpet. mob. (der zweiten Art) nicht als ~~eine~~ absolute Unmöglichkeit ansehe und ich ~~glaube~~ heutzutage dürfte es ~~gibt~~ es schon mehr ~~der~~ solche Physiker geben, welche man vor Kurzem noch als Utopisten und Ketzer ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ verschrien hätte.

~~[illegible]~~ Von ausserordentlicher Wichtigkeit ist überhaupt der Nachweis des Waltens des Zufalls in diesen Erscheinungen. Denn es sind ja die zufälligen Ungleichförmigkeiten der Molekularstösse welche jene so merkwürdigen von Gouy zutreffend als ~~[illegible]~~ mit dem Wimmeln von Ameisen verglichenen Brown'schen Bewegungen hervorrufen.

~~Dasselbe~~ Diese Rolle des Zufalls lässt sich ebenso auch in gewissen anderen Fällen –

Wie schon vorher erwähnt, hängt die ~~[illegible]~~ augenblickliche Lage eines Moleküls innerhalb des ganzen Molekülhaufens von zufälligen Umständen ab ~~und daher kann man nicht~~ ~~kann~~ Die Moleküle eines Gases oder einer Flüssigkeit können also gar nicht vollkommen regelmässig, gleichförmig angeordnet sein, sondern ~~es~~ es ist zu erwarten dass es müssen stellenweise zufällige Verdichtungen, an anderen Stellen Verdünnungen auftreten.

Diese Folgerung wie die theoretisch berechnete Grösse dieser Ungleichförmigkeit ~~wurden~~ sind tatsächlich von Svedberg durch Zählung der in kolloidalen Lösungen enthaltenen ultramikroskopischen Teilchen bestätigt worden. Einzelne Atome und Moleküle der gewöhnlichen Substanzen kann man natürlich auch in den modernen Ultramikroskopen nicht wahrnehmen, aber man kann doch die Existenz ~~Anwesenheit~~ ~~der zufälligen~~ localer Anhäufungen derselben erkennen, und zwar mit Hilfe auf Grund der unter dem Namen Tyndall's Phänomen bekannten Opalescenzerscheinungen

<Es handelt sich da um die allgemein bekannte Erscheinung dass ein

>

Diese Opalescenzerscheinungen, welche das für sog. trübe Medien charakteristische Merkmal bilden,

treten auch in Gasen auf ~~und zwar insbesondere~~ in der Nachbarschaft des krit. P. und sie ~~[illegible]~~

zeugen für die sozusagen körnige Struktur des Mediums welche von jenen local[en] Anhäufungen herrührt,

Grobkörnigkeit

die, am kritischen Punkte besonders ~~stark~~ deutlich sich ausprägen ~~hervortreten~~ auf[treten] müssen.

(wegen der grossen Compressibilität)

Unter gewöhnlichen Umständen ~~[illegible]~~ zeigen Gase die Opalescenz in

Aber die Opalescenz in Gasen ist nicht auf den kritischen Zustand beschränkt. In geringem, ~~[illegible]~~

~~noch weitaus schwächerem~~ Grade tritt sie auch im normalen Zustand auf ~~und~~ allerdings so schwach dass sie nur ~~[illegible]~~

in dicken Schichten ~~[illegible]~~ wahrnehmbar wird. Jeder von uns hat sie

Darauf beruhen ja allbekannte Erscheinungen: das Blau des Himmels, das Roth der aufgehenden Sonne.

Wäre die Luft Atmosphäre ein vollständig (durchsichtiges und homogenes) Medium so müsste der Himmel auch bei

Tage schwarz erscheinen und nur ~~[illegible]~~ davon ~~stammt~~ rührt dessen Helligkeit und Farbe

dass sie ein teilweise trübes Medium ~~[illegible]~~ bildet.

Was sind das nun für Teilchen welche die Beugung des Lichts in der Atmosphäre bewirken:

Lord Rayleigh, welchem wir die grundlegenden Untersuchungen auf diesem Gebiete verdanken, glaubte

anfangs dass es sich um zufällige Verunreinigungen wie Staub, Wassertröpfchen, u. dgl. handle

aber später änderte er seine Ansicht und heute ~~ist~~ sind wir überzeugt ist man zur Überzeugung gelangt wohl fast allgemein dass

jene Teilchen nur nebensächliche Bedeutung haben und dass auch ~~ganz~~ absolut reine Luft

die gleichen Erscheinungen aufweist. ~~[illegible]~~. Ob dies nun auf die Inhomogenität an der

„Oberfläche" der einzelnen Moleküle zurückzuführen ist (nach Rayleigh) oder auf die in den

Atomen enthaltenen Elektronen (Natanson, Langevin), ob die vorhin erwähnten localen Dichteunterschiede

dabei merklich mitspielen (Smoluchowski, Einstein) nicht endgültig entschieden, das sind noch Fragen welche der wissenschaftlichen

Discussion unterliegen, aber betreffs der allgemeinen Bedeutung der Tatsache ist kein Zweifel:

das Himmelsblau ist für jeden der im Buch der Natur zu lesen versteht ein augenfälliger

Beweis für die Atomistik, da er die inhomogene körnige Struktur der Luft erweist.

Überaus auffällig tritt das Spiel des Zufalls auch ~~noch~~ in einer gewissen ~~Noch einer~~ (anderen Erscheinung ~~und zwar~~ aus dem Gebiete der Radioaktivität auf, welche ich noch erwähnen möchte. Es sind das jene unregelmässigen ~~übrigens auch sehr~~ (im Allgemeinen geringfügigen) Schwankungen in der Intensität (des durch Anwesenheit radioaktiver Stoffe in Luft erzeugten elektrischen Stromes, deren Existenz zuerst Schweidler i. J. 1905 auf Grund unserer jetzigen Anschauung vom Mechanismus der Radioaktivität vorausgesehen hat und welche sodann von Kohlrausch experimentell nachgewiesen wurde. Diese Schwankungen rühren davon her, dass infolge zufälliger Einflüsse ~~zuweilen~~ zeitweise eine grössere zeitweise wieder geringere ~~Menge~~ Anzahl von Atomen der radioaktiven Substanz zum Zerfall gelangt, welcher die Aussendung der Strahlen veranlasst.

Derlei Schwankungen treten ja auch in den statistischen Erscheinungen des täglichen Lebens auf z.B. in der Anzahl der pro Tag stattfindenden Todesfälle eines Landes, welche von Tag zu Tag verschiedene, aber um einen gewissen Mittelwert schwankende Werte ~~hat~~ aufweist.

Die Richtigkeit dieser Auffassung wurde ~~beinahe~~ handgreiflich durch die wunderschönen Versuche von Rutherford u. Geiger erwiesen, welche eine direkte Zählung der von radioaktiven Stoffen ausgesandten α Teilchen ermöglichten.

Aus Alledem ~~folgt folgt~~ ergibt sich folgender Schluss: wo immer wir eine Erscheinung beobachten, in welcher der Einfluss einzelner Atome ~~oder~~ Moleküle, oder auch von nicht ~~zu~~ allzu zahlreichen Complexen derselben erkennbar ist, ~~bemerken~~ constatieren wir in derselben immer zufällige ~~Unregelmässigkeiten~~ Ungleichförmigkeiten. Die ~~Absolute~~ genaue ~~Gleichförmigkeit~~ Regelmässigkeit der Natur~~gesetze~~erscheinungen ist nur ein Schein, ~~eine Folge~~ vorgetäuscht durch das statistische Gesetz der grossen Zahlen. Das bezieht sich vor Allem auf die Thermodynamik, aber zweifellos wird im Laufe der ~~Zeit~~ noch manches andere Naturgesetz dems. Schicksal verfallen. Und als fundamentale Methode der exakten (Natur)Wissenschaften wird die Wahrscheinlichkeitsrechnung in die– ~~auftreten~~, ~~obwohl~~ wenn auch heutzutage die Grundlagen dieses Zweiges der Mathematik, wie z.B. der Begriff des Zufalls, noch nicht hinreichend aufgeklärt sind. — Angesichts ~~der Fülle~~ der dadurch hervorg damit verbundenen Complikationen ~~die wirkliche Richtung~~ begreifen ~~wir um desto lebhafter~~ kommt uns) die schmerzliche Klage Fouriers (in den Sinn): dass die Natur sich so ~~gar~~ gar nicht darum kümmert, was für Schwierigkeiten sie den Mathematikern bereitet.

Wenn von der Begründung der eigentlichen Grundlagen der atomistisch-kinetischen Theorie die Rede ist, muss noch eine andere Art von Erscheinungen erwähnt werden, welche ebenfalls ein Argument von grundsätzlicher Bedeutung für dieselbe bildet. Wenn nämlich die Materie kontinuierlich, strukturlos den Raum erfüllt, so besitzt ein jeder Teil derselben dieselben Eigenschaften wie das Ganze, wenn sie dagegen atomistische Struktur besitzt, wenn also ihre Eigenschaften aus der Wechselwirkung einer grossen Menge von Atomen oder Molekülen hervorgehen, dann müssten dünne Schichten, deren Dicke der Wirkungssphäre eines Moleküls entspricht, sich anders verhalten als dicke Schichten. Ebenso besitzt z. B. ein Stück Leinwand eine ganz andere Ausdehnbarkeit als eine einzelne Faser, der Sand in einem Sacke ist nachgiebig, während das einzelne Korn hart und unnachgiebig ist.

Eine Entscheidung hierüber lässt sich am leichtesten für Gase erreichen, da hier die Aktionssphäre der Moleküle am grössten ist. Denn zur Aktionssphäre gehört nicht nur der Raum, den das Molekül tatsächlich momentan einnimmt, sondern die Entfernung bis zu welcher die Wirkung der Bewegungen des Moleküls reicht. Ebenso ist ja auch die erstreckt sich Aktionssphäre eines Tennisspielers nicht nur der von dessen Körper eingenommene Raum sondern der ganze Bereich der Bewegungen desselben. Jener Bereich, gekennzeichnet durch die sog. mittlere Weglänge, beträgt für Luft unter normalen Umständen $\frac{1}{\ldots}$ aber wächst proportional mit Verdünnung der Luft, so dass er in verdünnter Luft bequem unmittelbaren Versuchen zugänglich ist.

Diesbezügliche Versuche (Kundt's u. Warburg's Arb., Knudsen's u. a.) haben nun eine ganz klare Entscheidung zu Gunsten der kinetischen Gastheorie geliefert, indem sie zeigten, dass in so dünnen Gas-Schichten die Erscheinungen der inneren Reibung, der Wärmeleitung, ja sogar des Gasdrucks vollkommen verschiedenen Gesetzen gehorchen, als in dicken Schichten, und zwar stimmen jene Resultate auch quantitativ vollkommen damit überein was die kinetische Theorie hierüber voraussehen lässt.

Im Vorangehenden (jene Arbeiten der letzten 10-20 Jahre ausführlicher) besprochen welche eine unmittelbare Bekräftigung der Grundlagen der atomistischen Theorie bilden und welche die gegen dieselbe erhobenen Einwände widerlegen. Aber vielleicht haben zur allgemeinen Anerkennung der Atomistik in den letzten Zeiten noch mehr die Fortschritte auf anderen Gebieten der Physik beigetragen welche eine ausserordentliche Erweiterung des Bereichs der Atomistik und tiefgreifende Veränderungen

innerhalb derselben hervorgerufen haben.

Bekanntlich hat ja heute die Anschauung, dass auch die Elektrizität eine atomistische Zusammensetzung besitzt, dass sie aus Elementarteilchen, Elektronen, besteht, auf der ganzen Linie den Sieg davongetragen. Sie welche anfangs von Crookes, Helmholtz, später von J. J. Th., [illegible] als eine den damaligen traditionellen Meinungen diametral entgegengesetzte Hypothese anfangs mit einer gewissen Zurückhaltung geäussert worden war, bewährte sich so ausgezeichnet in der Erklärung der neu entdeckten Erscheinungen der Radioaktivität, des Zeeman Phänomens und warf zugleich so neues Licht auf altbekannte Probleme der Wissenschaft, dass sie im Laufe der wenigen Jahre 1896–1902 zu fast einstimmiger Anerkennung gelangte.

Wollte man die Beweggründe sicher auseinandersetzen so müsste man beinahe die ganzen wissenschaftlichen Errungenschaften der letzten 15 Jahre aufzählen, welche von diesem Standpunkt aus in ein lückenloses Ganze verschmolzen. Die Entwicklung der Wissenschaft erinnert in solchen Momenten an jenes bekannte Kinderspielzeug, dass auf dem Zusammensetzen von Brettchen mit aufgeklebten Figuren beruht. Lange muss man probieren, bis man einige zu einander passende Stückchen findet, wenn aber der Anfang gemacht ist, geht es beinahe automatisch weiter — und das ist das Kennzeichen einer guten wissenschaftlichen Theorie, dass sie sogleich eine ganze Reihe von scheinbar ganz unzusammenhängenden Erscheinungen in neuem Lichte erscheinen lässt indem sie deren innere Beziehungen nachweist.

Als für uns wichtigstes Resultat folgt übereinstimmend mittels einer Reihe gänzlich verschiedener Berechnungsmethoden, dass die negativen Elektronen eine Masse besitzen die dem [illegible] Teil eines Wasserstoffatoms und eine elektrische Ladung von der Grösse

Um die Kleinheit dieser Teilchen zu würdigen bemerke man, dass deren durch eine gewöhnliche Glühlampe gegen 10 Trillionen pro Sekunde durchströmen. Und doch so minimale Elektrizitätsmengen Vorsicht [illegible], kann man ebenso [illegible]
kann nicht ihre Versuche anstellen und ihre Grösse bestimmen

Derartige Versuche bedrohten vor Kurzem gerade die Elektronentheorie mit einer schweren Krise, indem Ehr. bei Bestimmungen der elektrischen Ladungen der Metallstäubchen welche bei Durchgang des elektrischen Lichtbogens in Luft entstehen, Ladungen von verschiedenster Grösse fand, darunter auch solche welche erheblich geringer schienen als jene angeblich unteilbare Elektrizitätsmenge. Unter günstigeren Versuchsbedingungen von Millikan und Regener angestellte Messungen beweisen im Gegensatz hiezu mit grosser Genauigkeit dass nur Ladungen von der früher erwähnten Grösse oder von 2 3 4 facher bestehen; und heute erscheint es durch die Bemühungen einer Reihe von Forschern endlich sicher festgestellt, dass die Resultate Ehrenhafts durch gewisse Fehlerquellen bedingt entstellt waren. In diesen Versuchen besitzen wir somit einen direkten

Beweis der Unteilbarkeit der Elektronen.

Nachdem wir noch einen kurzen Überblick des Wechsels unserer Anschauungen betreffs des Wesens der Atome. Es ist vielleicht ein einziges charakteristisches Merkmal der alten Atomistik, welches bis heute erhalten blieb, gibt sogar ohne jemals eine ernsthafte Discussion seiner Berechtigung wachzurufen, nämlich die Anschauung dass alle Atome eines chemischen Elements untereinander vollkommen gleichartig sind, dass sie nach Herschels Ausdruck „gleichsam fabriksmäßig hergestellte Ware sind".

Was ist das nun für eine Ware? Die älteren Physiker, wie Clausius (Krönig u. a.) stellten sich die Atome und Moleküle meist als materielle Körner vor, als unveränderliche feste harte Körper, nach Art von Billardkugeln, und auch heute noch ist diese Anschauung sehr verbreitet, insbesondere unter den Chemikern. Einige berechnen nicht nur die „Dimensionen" dieser Körner sondern auch die Dichte deren Substanz. Dabei tritt jedoch die Schwierigkeit auf, dass man je nach Angabe von Temperatur und anderen Umständen verschiedene Werte erhält, als ob die Dimensionen dieser Körner variabel wären.

Darum hat sich Maxwell schon um 1866 gegen diese Vorstellung gewendet und hat, zum Teil frühere atomistische Anschauungen des Jesuiten Boscovich (1711 in Ragusa geboren) erneuernd, die Hypothese aufgestellt dass man die Moleküle vielmehr als materielle (Punkte ausdehnungslose) anzusehen habe, welche bei grösserer Annäherung aufeinander mit abstossenden Kräften einwirken.

Heute haben wir ganz augenscheinliche Beweise dafür, dass die Atome nicht harte materielle Körner sein können, denn die Kathodenstrahlen, insbesondere aber die β Strahlen welche aus enorm schnell bewegten Elektronen bestehen durchdringen dieselben und werden dabei nur in geringem Grade zerstreut. Ja auch die α Strahlen (das sind Helium Atome welche eine doppelte elementare positive Ladung tragen und von den radioaktiven Substanzen mit einer Geschwindigkeit von einigen tausend Kilom. per Sekunde ausgesendet werden), gehen durch Atome anderer Körper hindurch.

Was ist da, nebenbei bemerkt, aus der (traditionellen Legende von der) Undurchdringlichkeit der Materie als einer ihrer fundamentalen Eigenschaften geworden! Denn es handelt sich ja in dem oben Erwähnten nicht um ein Hindurchwandern der α Teilchen durch die leeren Zwischenräume zwischen den anderen Atomen (wie bei der Diffusion), sondern um ein tatsächliches Durchdringen derselben. Natürlich kommt es dazu nur wenn jene Teilchen mit einer so kolossalen Geschwindigkeit geschleudert werden, da sonst die Abstossungskräfte eine allzu übergrosse Annäherung verhindern. Die ausserordentlich interessanten Versuche Geigers haben

gezeigt dass ein derartiges α Teilchen beim Durchgang durch ein Atom Gold aus seiner ursprünglichen Bewegungsrichtung der elektrischen nur um cca $\frac{1}{200}$ ° abgelenkt wird. Die Materie muss somit einen ausserordentlich luftigen zarten und durchsichtigen Bau besitzen, nach Art einer Wolke, und die Undurchdringlichkeit derselben ist nur ein Schein der durch die intramolekularen Kräfte erzeugt wird.

Heute ist auch die Hypothese, dass die Atome materielle, als Kraftcentren wirkende Punkte seien, als veraltet aufgegeben. Dass sie überhaupt nicht etwas Einheitliches und Einfaches sein können, vermutete man schon lange auf Grund der Complexizität der Spektren derselben und diese Vermutung wurde zur Gewissheit als das Studium der radioaktiven Erscheinungen lehrte, dass die Atome mancher Substanzen wie U R[a] Th im Laufe der Zeit einem selbsttätigen Zerfallsprozess unterliegen dass sie zerbröckeln wie eine Ruine, wobei die abbröckelnden Fragmente eben jene α und β Teilchen sind. Aus den Fragmenten ersehen wir woraus der Bau besteht daher erscheint es ganz natürlich anzunehmen, dass die Atome eben aus Teilchen jener Art zusammengesetzt sind. Aber auf welche Weise dieser Bau construiert ist, das ist noch nicht aufgeklärt rätselhaft, und es sind da noch viele dunkle Punkte aufzuklären.

Die Schwierigkeit besteht offenbar nämlich darin, dass ein neutrales Atom gleich viel positive und negative Elektrizität besitzen muss. Und wir kennen heute zwar recht genau die Elementarteilchen der negativen Elektrizität, das sind jene Elektronen deren Masse ein Tausendstel der Wasserstoffatom beträgt aber sehr wenig wissen wir über die Natur der positiven Elektrizität welche uns in den α Teilchen (und Kanalstrahlen etc. Anodenstrahlen etc.) nur in Verbindung mit ganzen Atommassen auftritt und sich bisher nicht in analoger Weise wie die Elektronen absondern liess.

Anfangs schrieb man die gesamte Masse Trägheit der Atome den negativen Elektronen zu, musste also annehmen, dass über Tausend in einem Atom enthalten sind. Heute haben uns verschiedene Untersuchungen aus dem Gebiet der Strahlung gelehrt, dass die Anzahl der beweglichen, an den optischen Erscheinungen Anteil nehmenden Elektronen verhältnismässig sehr gering ist.

Entweder muss somit die Mehrzahl der Elektronen im Innern des Atoms so starr festgenagelt sein dass sie bei jenen Erscheinungen nicht mitwirken können in Betracht kommt, oder es muss überhaupt die Anzahl der Elektronen im Atom gering sein, was mit (den Resultaten) Sir J. J. Thomson und Crowther's Versuchen der Zerstreuung der β Teilchen durch Materie übereinstimmen würde. In diesem Falle müsste aber die Masse Trägheit des Atoms hauptsächlich von auf dessen positiver Ladung herrühren. zurückgeführt werden

15
27

Aus der Untersuchung [Beschäftigung mit] diesen Probleme sind ~~Diese Fragen haben~~ die ausserordentlich interessanten Versuche Thomson's und Starks ein konkretes Atommodell zu construieren, hervorgegangen. ~~Ist~~ Den Gelehrten der alten Schule mögen solche Spekulationen phantastisch erscheinen — aber sie sind nicht erfolglos! Denn beinahe jedes Heft der [illegible] Fachzeitschriften bringt uns Nachrichten von neuen auf diesem [durch derartige Überlegungen] angeregten Wege angebahnten Entdeckungen, und dies bestärkt unseren Glauben [beweist] darin ~~vor~~ Allem liegt ihr reeller Wert.

Mit was für einem Enthusiasmus heute atomistische Spekulationen gepflegt werden, davon zeugt übrigens am besten die neuste

Por. III, 31.

I A 7

„Atomistyka po niemiecku"